



⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 42 24 284 A 1

⑮ Int. Cl. 5:
H 01 L 41/09
H 02 N 2/00

DE 42 24 284 A 1

⑪ Aktenzeichen: P 42 24 284.3
⑫ Anmeldetag: 23. 7. 92
⑬ Offenlegungstag: 28. 1. 93

⑩ Unionspriorität: ③ ③ ③

25.07.91 JP 184958/91

⑦ 1 Anmelder:

Hitachi Metals, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦ 4 Vertreter:

Reichel, W., Dipl.-Ing.; Lippert, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 6000 Frankfurt

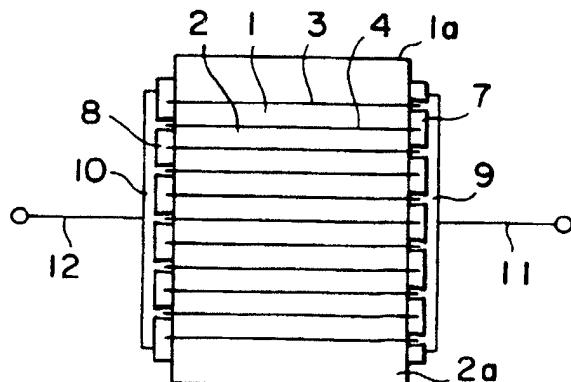
⑦ 2 Erfinder:

Someji, Takahiro, Fukaya, Saitama, JP; Watanabe,
Junichi, Kumagaya, Saitama, JP; Watanabe,
Yoshiyuki, Fukaya, Saitama, JP; Jomura, Shigeru,
Tokio/Tokyo, JP; Tanaka, Kiyomi, Saitama, JP;
Kazama, Kazuo, Kumagaya, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ 4 Laminatförmiges Verschiebungstransducerelement und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤ 7 Ein laminatförmiges Verschiebungstransducerelement besteht aus einer Anzahl von dünnen Blättern (1, 2) aus einem elektromechanischen Transducermaterial, die alternierend mit einer Anzahl von inneren Elektroden (3, 4) aus einem elektrisch leitenden Material laminiert sind. Äußere Anschlüsse aus einem elektrisch leitenden Material sind mit den Seitenkanten von alternierenden inneren Elektroden verbunden, wobei die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden gegenüber den Seitenkanten der dünnen Blätter (1, 2) vorstehen. Die vorstehenden Teile haben einen torpedo- oder pilzförmigen Querschnitt mit einer größeren Dicke als die inneren Elektroden. Isolationsschichten (7, 8) sind an den und in Nähe der Seitenkanten der anderen, nicht vorstehenden inneren Elektroden zwischen den vorstehenden Teilen vorhanden. Äußere Elektroden (9, 10) sind um die vorspringenden Teile herum und außerhalb der Isolationsschichten (7, 8) vorgesehen. Des Weiteren wird ein Verfahren zur Herstellung solcher Verschiebungstransducerelemente beschrieben.



DE 42 24 284 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein laminatförmiges Verschiebungstransducerelement bzw. einen Wegmesser gebildet aus einer Anzahl von alternierenden aufeinander laminierten dünnen Blättern aus einem elektromechanischen Transducermaterial und einer Anzahl von inneren Elektroden aus einem elektrisch leitenden Material, die mit den Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden verbunden sind und ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen laminatförmigen Verschiebungstransducerelements.

Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein laminatförmiges Transducerelement, das eine verbesserte Zuverlässigkeit bei der elektrischen Verbindung der Seitenkanten der inneren Elektroden, die auf der Seitenfläche des Laminats freiliegen, zu den äußeren Elektroden besitzt. Solche laminatförmige Wegmesser bzw. Transducerelemente werden als Antriebsquelle für Betätigungsmechanismen in industriellen Robotern und Ultraschallmotoren eingesetzt.

Es wird allgemein davon ausgegangen, daß der Typ der sogenannten Gesamtelektrodenkonstruktion von laminatförmigen Wegmessern bzw. Transducerelementen, aufbauend auf den Längselektrostriktionseffekt, innere Elektroden des gleichen Oberflächenareals wie die Querschnittsfläche des Elements hat, um wirksam die Spannungskonzentration nach der Erzeugung der Verschiebung zu verhindern (siehe hierzu JP-A-1 96 068/1983). Um eine große Verschiebung durch Erzeugung eines starken elektrischen Feldes bei niedriger Spannung zu erhalten, ist es notwendig, Abstände zwischen den inneren Elektroden kleiner als 100 µm einzustellen. Eine spezielle Einrichtung ist jedoch erforderlich, um alternierende innere Elektroden, die das gleiche Oberflächenareal wie die Querschnittsfläche des Elements haben, elektrisch parallel miteinander zu verbinden, wie dies schon voranstehend erwähnt wurde.

Dies bedeutet, daß das Herausziehen von Elektroden oder Herausführen von Drähten von den Enden der alternierenden inneren Elektroden extrem schwierige Operationen erfordert, da ein laminatförmiges Transducerelement, das nach einem Verfahren hergestellt wird, das bei der Herstellung von laminierten Kondensatoren Anwendung findet, nur Abstände zwischen den Elektroden von nur einigen Dutzend oder einigen 100 µm zuläßt und die Dicke der inneren Elektroden, die auf der Seitenfläche freiliegen, nur einige Mikrometer beträgt.

Zur Lösung dieser voranstehend erwähnten Schwierigkeiten wird in der JP-A-1 96 981/1985 und der JP-C-56 826/1990 ein Herstellungsverfahren für ein laminatförmiges Wegmesserelement bzw. Verschiebungstransducerelement vorgeschlagen, bei dem ein Metall als Streifen durch Galvanisieren der Seitenkanten der alternierenden internen Elektroden niedergeschlagen wird, die zu der Seitenfläche des Laminats hin freiliegen, das aus einem elektromechanischen Transducermaterial mit den zuvor erwähnten Aufbau besteht, bei dem die äußeren Elektroden mit den inneren Elektroden über Flächen aus Metallniederschlägen verbunden sind.

In Fig. 1 ist ein Längsschnitt zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements gezeigt, das nach der zuvor erwähnten herkömmlichen Herstellungsmethode produziert ist, bei dem der Aufbau schematisch dargestellt ist, mit dunkelgetönten Linien, welche die aus Gründen der besseren Übersicht weggelassenen Querschnittsflächen andeuten. In Fig. 1 sind mit den Bezugszahlen 1 und 2 dünne Blätter aus einem elektromechanischen Transducermaterial, wie beispielsweise einem piezoelektrischen Keramikmaterial, belegt. Innere Elektroden 3 und 4 sind aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt und als dünne Filme ausgebildet, die abwechselnd mit den dünnen Blättern 1 und 2 laminiert sind, um ein säulenförmiges Laminat unter Anwendung der Technik zur Herstellung von laminierten Keramikkondensatoren zu formen. Schutzplatten 1a und 2a aus dem gleichen Material wie die dünnen Blätter 1 und 2 sind an der oberen und unteren Endfläche des Laminats unlösbar befestigt.

Streifenförmige Metallniederschläge 5 und 6 bestehen aus einem Galvanisiermetall, wie beispielsweise Nickel und sind in streifenförmiger Gestalt auf den Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden 3 und 4 niedergeschlagen. Isolationsschichten 7 und 8 befinden sich zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 und 5 oder 6 und 6. äußere Elektroden 9 und 10 verbinden elektrisch eine Anzahl von streifenförmigen Metallniederschlägen 5 und 6. Bleidrähte 11 und 12 dienen dem elektrischen Anschluß der äußeren Elektroden 9 und 10.

In Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht eines laminatförmigen Blocks gezeigt, der nach dem herkömmlichen Herstellungsverfahren gefertigt ist. Fig. 4 zeigt einen Längsschnitt des wesentlichen Teils eines Laminats während des herkömmlichen Herstellungsverfahrens. Gleiche Teile sind mit korrespondierenden Referenzzahlen wie in Fig. 1 belegt. In Fig. 2 weisen die dünnen Blätter 1 und 2 und die inneren Elektroden 3 und 4 jeweils eine rechteckförmige Gestalt auf und sind abwechselnd unter Anwendung der Technologie zur Herstellung von laminatförmigen Keramikkondensatoren aufeinandergestapelt, um ein Laminat zu bilden. In dieser Figur sind die Seitenkanten aller inneren Elektroden 3 und 4 gegenüber den zwei sich gegenüberliegenden Seitenflächen ungeschützt, die die länglichen Außenseitenflächen (breiten Seitenflächen) des Laminats bilden, während die anderen Seitenkanten der inneren Elektroden 3 und 4 gegenüber den anderen, sich gegenüberliegenden Seitenflächen (engen Seitenflächen) ungeschützt sind. Äußere Behelfselektroden 13 und 14 sind elektrisch mit den Seitenkanten der inneren Elektroden 3 und 4 verbunden, die abwechselnd gegenüber den sich gegenüberliegenden engen Seitenflächen ungeschützt sind.

Das in Fig. 2 gezeigte Laminat und eine Metallplatte als Galvanisierelektrode, die nicht gezeigt ist, werden beispielsweise in ein Galvanisierbad aus einer Nickellösung eingetaucht, und eine Gleichspannung wird zwischen der Galvanisierelektrode-Metallplatte und den äußeren Behelfselektroden 13 und 14 angelegt, so daß positiv geladene Nickelionen in dem Galvanisierbad sich auf der äußeren Elektrode 3 oder 4 niederschlagen und die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 (vgl. Fig. 1) bilden. In Fig. 3 ist der streifenförmige Metallniederschlag 5, der an der Seitenkante der inneren Elektrode 3 ausgebildet ist, gezeigt.

In Fig. 3 ist eine Isolationsschicht 7 auf der Seitenfläche ausgebildet, auf der der streifenförmige Metallniederschlag 5 sich befindet. Zur Ausbildung der Isolationsschicht 7 wird ein pastenartiges Isolationsmaterial auf die

Seitenfläche aufgebracht und zum Aushärten erhitzt. Die Oberfläche der ausgehärteten Isolationsschicht 7 wird teilweise durch Polieren entfernt, um zu erreichen, daß der streifenförmige Metallniederschlag 5 freigelegt ist. Der laminatförmige Block, der auf diese Weise geformt wurde, wird in eine Anzahl von Stücken längs einer Ebene parallel zu der Seitenfläche des Laminats geschnitten, auf der die äußeren Behelfselektroden 13 und 14 montiert sind, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. Eine äußere Elektrode 9 wird auf der Seitenfläche ausgebildet, gegenüber welcher der streifenförmige Metallniederschlag 5 in Fig. 4 freigelegt wurde. Obgleich dies in Fig. 4 nicht gezeigt ist, wird ebenso eine äußere Elektrode auf der anderen, gegenüberliegenden Seitenfläche ausgebildet. Somit wird ein laminatförmiges Verschiebungstransducerelement erhalten, bei dem die inneren Elektroden 3 und 4 alternierend miteinander verbunden sind, wie dies in Fig. 1 zu sehen ist. Wird an die äußeren Elektroden 9 und 10 über die Bleidrähte 11 und 12 Spannung angelegt, so bewirkt die Spannungsanlegung an die inneren Elektroden 3 und 4, daß die dünnen Blätter 1 und 2 versetzt werden, um so das laminatförmige Verschiebungstransducerelement anzureiben.

Da die Sinterung der elektromechanischen Transducermaterialien im allgemeinen in einer oxidierenden Atmosphäre erfolgt, werden als Material für die inneren Elektroden 3 und 4 Silber/Palladium oder Platin oder andere Edelmetalle mit großem Widerstand gegenüber einer Oxidation verwendet. Als Material für die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6, die die Verbindung mit den äußeren Elektroden 9 und 10 herstellen, werden Basismetalle verwendet, da ein durch Galvanisieren niederzuschlagendes Metall fähig sein muß, Ionen zu bilden. Wird der laminatförmige Block in eine Hochtemperaturumgebung eingebracht, um die äußeren Elektroden 9 und 10 nach dem Herstellungsverfahren für laminatförmige Verschiebungstransducerelemente der herkömmlichen Art auszubilden, neigen die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6, die aus dem zuvor erwähnten Niederschlagsmetall bestehen, dazu, zu oxidieren, wodurch die elektrische Leitfähigkeit zu den äußeren Elektroden 9 und 10 zerstört wird.

In Extremfällen bewirkt der Volumenanstieg, der aus der Oxidation der streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 resultiert, das Zerbrechen der streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6, was zu unerwünschten Phänomenen führt, wie das Brechen oder das Trennen der streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 von den inneren Elektroden 3 und 4 und den äußeren Elektroden 9 und 10.

Zur Lösung dieser Probleme wurde ein Verfahren zur Ausbildung der äußeren Elektroden 9 und 10 in einer reduzierenden Atmosphäre angewandt, jedoch stellte es sich dabei heraus, daß die dünnen Blätter 1 und 2 aus einem elektromechanischen Transducermaterial gleichfalls reduziert wurden, wodurch die erforderlichen Eigenschaften der dünnen Blätter 1 und 2 für ein laminatförmiges Verschiebungstransducerelement beeinträchtigt wurden. Eine andere zusätzliche Möglichkeit zum Lösen der voranstehend beschriebenen Probleme ist die Verwendung von Edelmetallen als Material zur Ausbildung der streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6. Jedoch kann die Verwendung von Silber zu einem niedrigeren Isolationswiderstand infolge von Wanderung führen, und die Verwendung von Platin oder Palladium kann einen Angriff der Galvanisierlösung auf die dünnen Blätter 1 und 2 auslösen. Obgleich ein organisches Harzmaterial, das bei relativ niedrigen Temperaturen formbar ist, als Material für die Isolationsschichten 7 und 8 und/oder die äußeren Elektroden 9 und 10 verwendet werden kann, sind solche Materialien wegen des Materialabbaus nach längerem Einsatz oder infolge der Anwesenheit von Wasser oder niedriger mechanischer Stärke in einer Hochtemperaturatmosphäre nicht geeignet.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß Isolationsschichten 7 und 8 einer ausreichenden Dicke nicht erhalten werden können, da die Dicke der Isolationsschichten 7 und 8 von der Dicke oder der Höhe der streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 abhängt, die als Ergebnis des Metallniederschlags durch das Galvanisieren ausgebildet werden. Fig. 5 und 6 zeigen Längsschnitte der Nachbarschaft der Isolationsschichten eines herkömmlichen laminatförmigen Verschiebungstransducerelements. Gleiche Teile sind mit den gleichen Bezugszahlen belegt, wie sie in den Fig. 1 bis 4 verwendet werden.

In Fig. 5 ist die Dicke der Isolationsschicht 7 gleich t , der Abstand zwischen dem streifenförmigen Metallniederschlag 5 und der inneren Elektrode 4, die eine unterschiedliche elektrische Polarität besitzt, beträgt w , wobei der Abstand w bevorzugt größer als t im Hinblick auf die Isolationswirksamkeit sein soll. Wird die Breite d des streifenförmigen Metallniederschlags 5 reduziert, um den Abstand w zu erhöhen, wird auch die Höhe des streifenförmigen Metallniederschlags 5, der durch Galvanisieren hergestellt wird, verringert. Somit kann eine ausreichende Dicke t für die Isolationsschicht 7 nicht sichergestellt werden, was dann zu einem niedrigeren Isolationswiderstand führt. Wie andererseits in Fig. 6 gezeigt ist, erhöht der Niederschlag eines größeren streifenförmigen Metallniederschlags 5 die Breite d des streifenförmigen Metallniederschlags 5 und dementsprechend sinkt der Abstand w zwischen dem streifenförmigen Metallniederschlag 5 und der inneren Elektrode 4. Dies kann es schwierig machen, eine ausreichende Isolationsdistanz oder Kriechwiderstandsdistanz zu sichern. Bei der voranstehend beschriebenen Methode ist die Kontaktfläche zwischen dem streifenförmigen Metallniederschlag 5 und der inneren Elektrode 4, ebenso wie zwischen dem streifenförmigen Metallniederschlag 6 und der inneren Elektrode 3 nach Fig. 1, extrem schmal.

Dies führt zu einer Auffrennung während des Herstellungsverfahrens infolge der reduzierten Bindungskraft.

Als ein Mittel zur Lösung dieser Probleme wurde auch vorgeschlagen, die dünnen Blätter 1 und 2, die das Laminat bilden, zu ätzen, um zu erreichen, daß die Seitenkanten der inneren Elektroden 3 und 4 vorspringen (vgl. JP-A-3 00 577/1989). Auf diese Weise kann der elektrische Kontakt zwischen den äußeren Behelfselektroden 13 und 14 und den inneren Elektroden 3 und 4, wie in Fig. 2 gezeigt, verbessert werden, da das Galvanisiermetall mit den inneren Elektroden 3 und 4 verbunden ist, des weiteren werden die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 am Loslösen gehindert, und die Dicke t der Isolationsschicht 7, wie in den Fig. 5 und 6 gezeigt, kann erhöht werden.

Selbst bei Anwendung dieser voranstehend beschriebenen Mittel, wenn die äußeren Elektroden 9 und 10, wie sie in den Fig. 1 und 4 gezeigt sind, in normaler Atmosphäre ausgebildet werden, besteht insofern ein Problem darin, daß die elektrische Leitfähigkeit zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 und 6 und den

äußeren Elektroden 13 und 14 nicht sichergestellt werden kann, da die streifenförmigen Niederschläge 5 und 6 oxidieren. Die vorspringende Länge der inneren Elektroden 3 und 4, deren Dicke im Bereich von 3 bis 5 μm liegt, ist als solche begrenzt. Eine zu große vorspringende Länge der inneren Elektroden 3 und 4 kann zu einem Zusammenbruch, Deformation oder dergleichen des vorspringenden Teils führen, wodurch in unerwünschter

5 Weise die Distanz w (vgl. Fig. 5 und 6) zwischen benachbarten inneren Elektroden 3 und 4, die unterschiedliche Polarität besitzen, reduziert wird. Des weiteren gilt, daß eine zu weite vorspringende Länge der inneren Elektroden 3 und 4 die Ätzzeit der dünnen Blätter 1 und 2 verlängert, was zu einer niedrigeren Produktivität und zu einer reduzierten effektiven Fläche der dünnen Blätter 1 und 2 führt, was zu einem mechanischen Spannungsaufbau beiträgt.

10 Aufgabe der Erfindung ist es, ein laminatförmiges Verschiebungstransducerelement so weiterzuentwickeln, daß die elektrische Verbindung zwischen den inneren Elektroden, die zu den Seitenflächen des Laminats gerichtet sind, und den äußeren Elektroden beibehalten und die Wirksamkeit dieser Verbindung verbessert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein laminatförmiges Verschiebungstransducerelement der ein-
gangs beschriebenen Art in der Weise gelöst, daß die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden von den Seitenkanten der dünnen Blätter derart vorspringen, daß die vorspringenden Teile eine querschnittsmäßige torpedo- oder pilzförmige Gestalt mit einer größeren Dicke als die Dicke der inneren Elektroden haben, daß Isolationsschichten auf und in der Nähe der Seitenkanten der anderen inneren Elektroden zwischen den vorspringenden Teilen vorhanden sind, und daß äußere Elektroden rings um die vorspringenden Teile und außerhalb der Isolationsschichten angeordnet sind.

20 Im Rahmen der voranstehenden Aufgabe soll auch ein Verfahren zur Herstellung eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements geschaffen werden, bei dem die elektrische Leitfähigkeit zwischen den inneren Elektroden und den äußeren Elektroden aufrechterhalten bleibt, ohne daß unerwünschte Oxide an der Oberfläche von streifenförmigen Metallniederschlägen erzeugt werden, die integral mit den inneren Elektroden, die zu den Seitenflächen des Laminats gerichtet sind, ausgebildet werden. Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 2.

25 In Ausgestaltung des Verfahrens werden die Seitenkanten der inneren Elektroden von den Seitenkanten der dünnen Blätter vorspringend gestaltet und werden Legierungsschichten eines Materials, aus dem die inneren Elektroden gefertigt sind und ein galvanisches Metall freigelegt, indem das galvanische Metall von ungeschützten Teilen der streifenförmigen Metallniederschläge entfernt wird. Dadurch wird die Ausbildung von Oxidfilmen 30 des galvanischen Metalls verhindert. In Weiterbildung des Verfahrens werden nach der Ausbildung der streifenförmigen Metallniederschläge zumindest teilweise die vorspringenden Teile der anderen inneren Elektroden zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen entfernt. Die Ausbildung der Isolationsschichten und/oder der äußeren Elektroden erfolgt zweckmäßigerverweise in einer oxidfreien Atmosphäre.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

35 Fig. 1 einen Längsschnitt des wesentlichen Teils eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements, hergestellt nach einem herkömmlichen Verfahren,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines laminatförmigen Blocks, hergestellt in herkömmlicher Weise.

Fig. 3 und 4 Längsschnitte des wesentlichen Teils eines Laminats während eines herkömmlichen Herstellungsverfahrens.

40 Fig. 5 und 6 Längsschnitte der Nachbarschaft der Isolationsschichten eines herkömmlich hergestellten laminatförmigen Verschiebungstransducerelements,

Fig. 7 eine Draufsicht des wesentlichen Teils der dünnen Blätter und der inneren Elektroden einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 8 und 9 perspektivische Ansichten des Laminatblocks der ersten Ausführungsform der Erfindung,

45 Fig. 10 bis 13 Längsansichten des wesentlichen Teils des Laminats der ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 14 eine perspektivische Ansicht des Laminatblocks der ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 15 einen Längsschnitt des wesentlichen Teils des laminatförmigen Verschiebungstransducerelements der ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 16 und 17 vergrößerte Längsschnitte der Nachbarschaft der streifenförmigen Metallniederschläge der ersten Ausführungsform der Erfindung,

50 Fig. 18 einen vergrößerten Längsschnitt des Zustandes, in welchem die äußere Elektrode der ersten Ausführungsform der Erfindung niedergeschlagen wird,

Fig. 19 bis 21 Längsschnitte, die den wesentlichen Abschnitt des Herstellungsverfahrens für eine zweite Ausführungsform der Erfindung illustrieren,

55 Fig. 22 einen vergrößerten Längsschnitt des Zustandes, in welchem die äußere Elektrode der zweiten Ausführungsform der Erfindung niedergeschlagen wird, und

Fig. 23 einen Längsschnitt eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements der zweiten Ausführungsform der Erfindung.

In den Fig. 7 bis 14 ist ein Herstellungsverfahren für die erste Ausführungsform der Erfindung dargestellt.

60 Gleiche Teile sind mit den gleichen Bezugszahlen belegt, wie sie in den Fig. 1 bis 6 verwendet wurden. Fig. 7 ist eine Ansicht eines wesentlichen Teils der dünnen Blätter 1 und 2 und der inneren Elektroden 3 und 4. Die Fig. 8, 9 und 14 zeigen perspektivische Ansichten des laminatartigen Blocks, und die Fig. 10 bis 13 geben Längsschnittansichten des Laminats im Herstellungsverfahren wieder.

65 PVB (Polyvinylbutyral) als ein organisches Bindemittel, BPBG (butyl-phthalic-butyl-glycolate) als ein Plastiziermittel und Trichlorethylen als ein organisches Lösungsmittel werden dem Pulvergemenge für das elektromechanische Transducermaterial beigemischt, das im wesentlichen aus $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ - $\text{Pb}(\text{Mg}, \text{Nb})\text{O}_3$ besteht, um eine Aufschlämmung zu bilden. Die so gebildete Aufschlämmung wird auf einen Mylarfilm (Polyethyenglycolterephthalat-Film) mit einer Rakel aufgebracht, um ein Blatt mit einer Dicke von 100 μm zu formen. Das resultie-

rende Blatt wird anschließend von dem Mylarfilm getrennt. Wie in **Fig. 7** gezeigt ist, wird eine Paste bestehend aus Silber-Palladium oder Platin auf eine Seite des dünnen Blattes 1 aufgedruckt, um innere Elektroden 3 und 4 zu erhalten. In **Fig. 7** ist die innere Elektrode 3 entlang der linken Kante des dünnen Blattes 1 weggelassen, während entlang der rechten Kante des dünnen Blattes 2 die innere Elektrode 4 weggelassen ist.

Mehrere Dutzend dünner Blätter 1 und 2, wie sie in **Fig. 7** gezeigt sind, werden alternierend aufeinander laminiert und bei erhöhten Temperaturen unter Druck miteinander verbunden, einer Behandlung zum Entfernen des Bindemittels ausgesetzt, bei Temperaturen zwischen 1100 bis 1250°C für 1 bis 5 h gesintert, um einen Laminatblock zu präparieren, an dessen beiden Endflächen die inneren Elektroden 3 und 4 alternierend vorspringen, wie dies in **Fig. 2** gezeigt ist. Äußere Behelfselektroden 13 und 14 sind an den beiden Endflächen des Laminatblocks vorgesehen. Nachdem die oberen und unteren Flächen, an denen die äußeren Behelfselektroden 13 und 14 und die inneren Elektroden 3 und 4 nicht vorspringen, maskiert sind, wird der Laminatblock der Ätzbehandlung ausgesetzt, um zu erreichen, daß die Seitenkanten der inneren Elektroden 3 und 4 vorstehen, wie dies in **Fig. 8** gezeigt ist. Dies geschieht in der Weise, daß die Seitenkanten der inneren Elektroden 3 und 4 durch das Ätzen der Seitenkanten der dünnen Blätter 1 und 2 um 10 µm vorstehen, indem der Laminatblock für 60 min in eine 10%ige Salzsäurelösung bei 50°C eingetaucht wird.

Nach der voranstehend beschriebenen Ätzbehandlung wird jede der Seitenflächen des Laminatblocks, die der Ätzbehandlung ausgesetzt war, mit einem Maskierungsmittel maskiert, um die gegenüberliegenden Flächen einem Galvanisierungsvorgang auszusetzen. Der Laminatblock und die nicht gezeigte Galvanisierelektrode aus Nickel werden in eine Galvanisierlösung von 300 g Nickelsulphat, 45 g Nickelchlorid und 45 g Borsäure in 1 l reinem Wasser eingetaucht und eine Gleichspannung an die äußere Behelfselektrode 13, gezeigt in **Fig. 9**, als die Kathode und die Galvanisierelektrode, die nicht gezeigt ist, als Anode mit einer Stromdichte von 40 A/dm² für 20 min angelegt. Als Ergebnis hiervon werden streifenförmige Metallniederschläge 5 mit einer Höhe von 50 µm und einer Dicke von 40 µm an den Seitenkanten der inneren Elektroden 3 niedergeschlagen, wie dies beispielsweise in den **Fig. 9** und **10** gezeigt ist. Als nächstes werden streifenförmige Metallniederschläge auf den Seitenflächen, die mit einem Mittel ähnlich dem voranstehend beschriebenen maskiert wurden, niedergeschlagen. Das heißt, streifenförmige Metallniederschläge ähnlich den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 werden auch auf den Seitenkanten der inneren Elektroden 4 auf der anderen Seitenfläche, d. h. der Rückseite des Laminatblocks, der in den **Fig. 9** und **10** gezeigt ist, niedergeschlagen. Die andere Seite bzw. Rückseite als solche ist in **Fig. 9** verdeckt.

Im nächsten Schritt wird eine Isolationsschicht 7 auf den Seitenflächen des Laminatblocks ausgebildet, auf denen die streifenförmigen Metallniederschläge 5 niedergeschlagen sind, indem eine Paste aus einem Isolationsmaterial, wie beispielsweise Glaspulver, auf die Seitenflächen aufgebracht und die aufgetragene Paste, wie in **Fig. 11** gezeigt, gebrannt wird. Das gleiche geschieht mit den anderen gegenüberliegenden Seitenflächen des Laminatblocks. Die streifenförmigen Metallniederschläge 5 werden teilweise durch Läppen der Oberfläche der Isolationsschicht 7, wie dies in **Fig. 12** gezeigt ist, freigelegt. Das gleiche geschieht mit den anderen gegenüberliegenden Seitenflächen. Der Laminatblock wird anschließend in eine 10%ige Nickelchloridlösung eingetaucht und einer elektrolytischen Ätzbehandlung durch Anlegen einer Gleichspannung über die äußeren Behelfselektroden 13 und 14, die in **Fig. 9** gezeigt sind, als die Anode und die Galvanisierelektrode aus Nickel als Kathode mit einer Stromdichte von 40 A/dm² für 30 min. unterzogen. Mit dieser elektrolytischen Ätzbehandlung bleiben nur Legierungsschichten 5a, bei denen es sich um eine Legierung aus dem Material der inneren Elektrode und Nickel handelt und die die streifenförmigen Metallniederschläge bilden, ungeätzt, und es werden die Nickelschichten 5b, welche rund um die Legierungsschichten 5a niedergeschlagen sind, entfernt, wie dies aus **Fig. 13** zu ersehen ist. Das gleiche geschieht mit den anderen gegenüberliegenden Seitenflächen.

Der so erhaltene Laminatblock wird entlang der in **Fig. 14** gestrichelt eingezeichneten Linien in eine Anzahl von Einzelementen zerschnitten. Durch Befestigung äußerer Elektroden an dem Einzelement wird das gewünschte laminatartige Verschiebungstransducerelement erhalten. **Fig. 15** zeigt einen Längsschnitt eines vollständigen laminatförmigen Verschiebungstransducerelements. Gleiche Teile wie in den **Fig. 7** bis **14** sind mit den gleichen dort verwendeten Bezugszahlen belegt. Durch Aufbringen einer Paste bestehend aus einem elektrisch leitenden Material auf die Seitenflächen des Laminats und Brennen der aufgetragenen Paste werden die äußeren Elektroden 9 und 10 dicht mit den streifenförmigen Metallniederschlägen bestehend aus den Legierungsschichten 5a in einer Weise verbunden, daß sie die Legierungsschichten 5a umhüllen und sie mit den korrespondierenden inneren Elektroden 3 und 4, wie noch nachstehend beschrieben werden wird, verbinden.

In den **Fig. 16** und **17** sind vergrößerte Längsschnitte eines Bereichs nahe den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 dargestellt. Gleiche Teile sind durch gleiche Bezugszahlen wie in den **Fig. 7** bis **15** bezeichnet. In **Fig. 16** ist der streifenförmige Metallniederschlag 5 durch Galvanisieren fest mit der Umgebungsfläche des vorspringenden Teils 3a der inneren Elektrode 3 (siehe **Fig. 10**) verbunden. Wird eine Isolationsschicht 7 auf den streifenförmigen Metallniederschlägen 5, wie in **Fig. 11** gezeigt, ausgebildet, so formt der vorspringende Teil 3a eine Legierungsschicht 5a und dehnt sich zu einer torpedo- oder pilzartigen Gestalt aus, die dicker als die Dicke der inneren Elektrode 3 im Querschnitt während des Brennvorgangs ist, wie dies aus **Fig. 17** ersichtlich ist. Die Bezugszahl 5b in der Figur bezeichnet eine Nickelschicht, die eine äußere Hülle der Legierungsschicht 5a bildet.

Nachdem die streifenförmigen Metallniederschläge 5 in der voranstehend beschriebenen Weise ausgeformt sind, wird die eine äußere Hülle bildende Nickelschicht 5b durch elektrolytisches Ätzen entfernt, siehe **Fig. 13**, und die Legierungsschicht 5a bleibt zurück, die durch metallisches Nickel kaum zu oxidieren ist. Wenn eine äußere, nicht gezeigte Elektrode rings um die Legierungsschicht 5a geformt wird, besitzt die äußere Elektrode einen guten bzw. hohen Widerstand gegenüber einem Zubruchegehen oder einer Trennung durch eine äußere Kraft, infolge des sogenannten Verankerungseffekts, zusätzlich zu der vergrößerten Kontaktfläche zwischen der Legierung und der Elektrode. **Fig. 18** zeigt einen vergrößerten Längsschnitt des Zustandes, in welchem die äußere Elektrode 9 niedergeschlagen bzw. ausgeformt ist. Da die Legierungsschicht 5a ausgezeichnete Eigen-

schaften gegen Oxidation besitzt, können sich unerwünschte Oxidschichten auf der Legierungsschicht 5a kaum ausbilden, selbst dann nicht, wenn das Brennen der äußeren Elektrode in normaler Atmosphäre ausgeführt wird. Jedoch ist es empfehlenswert, das Brennen der äußeren Elektrode 9 in einer nicht oxidierenden Atmosphäre wie beispielsweise in einer Argon- oder Stickstoffatmosphäre auszutragen.

5 Fig. 19 bis 21 zeigen Längsschnitte, die einen Schritt eines Herstellungsverfahrens für eine zweite Ausführungsform der Erfindung illustrieren. Gleiche Teile werden mit den gleichen Referenzzahlen wie in den Fig. 10 bis 13 belegt. In Fig. 19 ist ein Zustand dargestellt, in dem ein Teil des anderen Komponentenmaterials zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 entfernt ist. Dies geschieht in der Weise, daß nach der Ausformung der streifenförmigen Metallniederschläge 5 in der gleichen Weise wie bei der ersten Ausführungsform, wie dies in Fig. 10 gezeigt ist, Nuten 7a durch Granulatstrahlen ausgebildet werden. Indem ein Strom aus abrasivem Pulver wie beispielsweise Aluminiumpulver, Siliciumcarbid, Siliciumdioxid oder dergleichen auf die Oberfläche des Laminats aufgeblasen wird, kommt es zu einem selektiven Entfernen der inneren Elektroden 4 und der Seitenkanten der dünnen Blätter 1 und 2 rings um die inneren Elektroden 4, auf denen keine streifenförmigen Metallniederschläge 5 ausgeformt sind, so daß letztendlich die Nuten 7a ausgebildet werden. Durch einen 10 Strahlvorgang mit abrasivem Pulver aus 400-Aluminium 10 s lang, werden Nuten 7a von ungefähr 20 μm Tiefe ausgebildet. Die Methode zur Ausbildung der Nuten 7a ist nicht auf das Granulatstrahlen beschränkt, vielmehr 15 können die Nuten 7a auch durch andere Verfahren geformt werden.

Als nächstes wird eine Isolationsschicht 7, wie in Fig. 20 gezeigt, ausgebildet, und die streifenförmigen Metallniederschläge 5 werden teilweise durch Läppen der Oberfläche der Isolationsschicht 7 freigelegt, wie aus 20 Fig. 21 zu ersehen ist. Das gleiche gilt für die anderen sich gegenüberliegenden Oberflächen. Das laminatförmige Verschiebungstransducerelement, das in Fig. 23 dargestellt ist, kann eventuell auch durch die Verfahrensschritte 25 ähnlich denjenigen, die in den Fig. 13 bis 15 gezeigt sind, erhalten werden. In dem laminatförmigen Verschiebungstransducerelement, das so ausgebildet wird, kann die dielektrische Stärke verbessert werden, da der Abstand zwischen der Anode 7a, die sich zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 befindet und den inneren Elektroden 4, die eine unterschiedliche Polarität gegenüber derjenigen der streifenförmigen Metallniederschläge 5 aufweisen (Zwischen- oder Kriechdistanz, entsprechend dem Abstand w in den Fig. 5 und 6) wesentlich erhöht werden kann und ebenso die Dicke der Isolationsschicht vergrößert werden kann, wie dies aus 30 den Fig. 19 bis 21 ersichtlich ist.

Fig. 22 zeigt einen vergrößerten Längsschnitt, der den Zustand wiedergibt, in welchem die äußere Elektrode 30 niedergeschlagen wird, entsprechend der Fig. 18. Wie aus Fig. 22 offensichtlich ist, wird die äußere Elektrode 9 in einer Weise niedergeschlagen, daß sie die Legierungsschicht 5a, die den streifenförmigen Metallniederschlag 5 bildet, umschließt. Des weiteren wird die Dicke der Isolationsschicht 7 infolge der Ausbildung der Nut 7a erhöht, woraus eine vergrößerte Zwischen- oder Kriechdistanz zwischen den inneren Elektroden 3 und 4 resultiert.

In den Fig. 19 bis 21 werden die Nuten 7a, die einen kreisbogenförmigen Querschnitt haben, zwischen den 35 streifenförmigen Metallniederschlägen 5 und 5 ausgebildet und zumindest teilweise wird der vorspringende Teil der inneren Elektrode 4 entfernt, indem die Geschwindigkeit des Granulatstrahlens geregelt wird.

Im Hinblick auf die Tatsache, daß Nickel als Galvanisiermetall unter den Materialien, die die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 bilden können, zum Oxidieren neigt, wird die Nickelschicht erst, nachdem die 40 streifenförmigen Metallniederschläge 5 ausgebildet und die Isolationsschichten 7 und 9 niedergeschlagen sind, durch eine elektrolytische Ätzbehandlung entfernt, um die elektrische Verbindung zwischen den inneren Elektroden 3 und 4 und den äußeren Elektroden 9 und 10 sicherzustellen.

Es wird angenommen, daß selbst dann, wenn ein Material, das zur Oxidation neigt, wie Nickel, auf den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 und 6 verbleibt, die elektrische Verbindung zwischen den inneren Elektroden 3 und 4 und den äußeren Elektroden 9 und 10 sichergestellt ist, wenn die Anordnung so getroffen wird, 45 daß die Oxidation des Materials während des Brennvorgangs zum Ausbilden der Isolationsschichten 7 und 8 und/oder der äußeren Schichten 9 und 10 verhindert wird.

Die dritte Ausführungsform auf der Grundlage dieses Konzeptes wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 2 bis 4 beschrieben. Obgleich der Herstellungsprozeß schon bei der Beschreibung des Standes der 50 Technik beschrieben würde, gilt für die dritte Ausführungsform, daß die in Fig. 3 gezeigte Isolationsschicht 7 durch Brennen der Isolationspaste in einer Argonatmosphäre ausgebildet wird. Die in Fig. 4 dargestellte äußere Elektrode 9 würde gleichfalls durch Brennen der elektrisch leitenden Paste in einer Argonatmosphäre ausgebildet. Nach der Ausbildung der Isolationsschicht 7 und der äußeren Elektrode 9 würden die fraglichen Teile für 55 einen Bruchtest abgeschnitten. Der Bruchtest lieferte als Ergebnis, daß Oxidschichten auf der Oberfläche der streifenförmigen Metallniederschläge 5 nicht gefunden würden. Würden die Isolationsschicht 7 und die äußere Elektrode 9 andererseits in einer Atmosphäre gemäß dem Stand der Technik ausgebildet, so würden auf der Oberfläche der streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6, wie früher schon beschrieben würde, Oxidschichten gefunden.

Die Eigenschaften von laminatförmigen Verschiebungstransducerelementen, die gemäß dem Stand der Technik hergestellt sind und diejenigen von Elementen, die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren produziert 60 wurden, sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. In der Tabelle geben die Nummern 1 bis 6 die Ausführungsformen dieser Erfindung wieder, Nr. 7 entspricht dem Ausführungsbeispiel nach dem Stand der Technik. In der Spalte, in der die Atmosphäre angeführt ist, sind die atmosphärischen Bedingungen angegeben, die bei der Ausbildung der Isolationsschichten 7 und 8 und der äußeren Elektroden 9 und 10 herrschten.

Nr.	Konfiguration	Atmosphäre Isolat. Schicht	Äußere Elektrode	Elektrost. Kapazität μF bei 1 kHz	Verschiebung μm bei 150 V
1	Fig. 15	Luft	Luft	0,400	8,8
2	Fig. 15	Argon	Argon	0,482	10,6
3	Fig. 23	Luft	Luft	0,418	9,2
4	Fig. 23	Argon	Argon	0,503	11,2
5	Fig. 1	Argon	Argon	0,495	10,8
6	Fig. 1	Luft	Argon	0,457	9,6
7	Fig. 1	Luft	Luft	0,145	3,2

Wie aus der voranstehenden Tabelle ersichtlich ist, zeigen die Testergebnisse der Ausführungsform nach dem Stand der Technik unter Nr. 7, daß die elektrostatische Kapazität und die Größe der Verschiebung bei sehr niedrigen Werten liegen, da Nickel auf den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 verbleibt und während des Brennvorgangs oxidiert und da einige innere Elektroden 3 und 4 nicht mit den äußeren Elektroden 9 und 10 verbunden würden. Die Testergebnisse bei den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen gemäß den Nr. 1 bis 4 zeigen, daß die Eigenschaftswerte extrem hoch waren, da das Nickel, anders als die Nickellegierungsschichten, die die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 bilden, entfernt würde. In der Argonatmosphäre wurden diese Eigenschaftswerte noch weiter verbessert. Bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Nr. 5 und 6 verblieb zwar Nickel auf den streifenförmigen Metallniederschlägen 5 und 6, jedoch waren die Eigenschaftswerte verbessert, da verhindert wurde, daß Nickel während des Brennvorgangs der Isolationsschichten 7 und 8 und der äußeren Elektroden 9 und 10 in der Argonatmosphäre oxidierte. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Nr. 6 wurden die Isolationsschichten 7 und 8 in einer Luftatmosphäre gebrannt, die Eigenschaftswerte waren nur geringfügig schlechter als bei den Ausführungsbeispielen, bei denen sowohl die Isolationsschichten als auch die äußeren Elektroden jeweils in einer Argonatmosphäre gebrannt wurden. Das ist auf die Tatsache zurückzuführen, daß die aus Nickel bestehenden streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 durch Läppen der Oberflächen der Isolationsschichten 7 und 8 teilweise freigelegt wurden und dabei ein Teil der Nickeloxidschicht, geformt zum Zeitpunkt der Ausbildung der Isolationsschichten 7 und 8, entfernt wurde.

Die obige Ausführungsform wurde an Hand eines Beispiels beschrieben, bei dem als das Metallmaterial für die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 Nickel verwendet wurde. Das Metallmaterial jedoch ist nicht auf Nickel begrenzt, ebenso können Kupfer, Eisen, Chrom, Zinn oder andere metallische Materialien für die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 verwendet werden, solange sie elektrisch galvanisierbar sind, und eine Galvanisierlösung bilden, welche die dünnen Blätter 1 und 2 aus einem elektromechanischen Transducermaterial nicht angreift. Des weiteren wurde die Erfindung an einem Beispiel beschrieben, bei dem eine Säurelösung verwendet wird, um zu erreichen, daß die inneren Elektroden 3 und 4 vorspringen, jedoch kann ebenso Ionenätzten oder jedes sonstige Verfahren eingesetzt werden, solange dieses selektiv die dünnen Blätter 1 und 2 aus einem elektromechanischen Transducermaterialätzt. Ebenso wenig ist das Verfahren zum Entfernen eines galvanisierenden Metalls rings um die streifenförmigen Metallniederschläge 5 und 6 auf elektrolytisches Ätzen beschränkt, ebenso kann nämlich chemisches Ätzen unter Verwendung einer Säurelösung, Ionenätzten oder ein sonstiges Verfahren eingesetzt werden.

Mit der vorliegenden Erfindung werden folgende Vorteile erzielt:

- 1) Da nur das galvanisierte Metall, das dazu neigt, oxidiert zu werden, selektiv von denjenigen Materialien entfernt wird, welche die streifenförmigen Metallniederschläge bilden, wobei eine kaum zu oxidierende Legierungsschicht zurückgelassen wird, können solche unerwünschten Ereignisse wie eine unvollständige elektrische Verbindung infolge der Oxidation des Galvanisiermetalls und/oder mechanischer Bruch verhindert werden.
- 2) Da ausgebuchte Vorsprünge aus Legierungsschichten dicker als die Dicke der inneren Elektroden ausgebildet werden können, wird die Bindungsfläche mit den äußeren Elektroden erhöht, was zu einer verbesserten Bindungsstärke führt.
- 3) Die Isolationswirksamkeit wird verbessert, da die Zwischenflächendistanz zwischen den dünnen Blättern und den Isolationsschichten oder die Kriechdistanz zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen und den inneren Elektroden, die eine unterschiedliche Polarität haben, wesentlich vergrößert wird, ebenso wie die Dicke der Isolationsschichten.

Patentansprüche

1. Laminatsförmiges Verschiebungstransducerelement gebildet aus einer Anzahl von alternierend aufeinander laminierten dünnen Blättern aus einem elektromechanischen Transducermaterial und einer Anzahl von inneren Elektroden aus einem elektrisch leitenden Material, mit Außenanschlüssen aus einem elektrisch leitenden Material, die mit den Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden (3, 4) von den Seitenkanten der dünnen Blätter (1, 2) derart vorspringen, daß die vorspringenden Teile (5a) eine querschnittsmäßig torpedo- oder pilzförmige Gestalt mit einer größeren Dicke als die Dicke der inneren Elektroden haben, daß Isolationsschichten (7, 8) auf und in Nähe der Seitenkanten der anderen inneren Elektroden zwischen

den vorspringenden Teilen vorhanden sind, und daß äußere Elektroden (9, 10) rings um die vorspringenden Teile und außerhalb der Isolationsschichten (7, 8) angeordnet sind.

2. Verfahren zur Herstellung eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements durch alternierendes Aufeinanderlamинieren einer Anzahl von dünnen Blättern aus einem elektromechanischen Transducermaterial und einer Anzahl von inneren Elektroden aus einem elektrisch leitenden Material, bei dem ein Laminat mit zwei einander gegenüberliegenden Seitenflächen, auf denen die Seitenkanten aller inneren Elektroden frei liegen und zwei einander gegenüberliegende Elektroden aufbereitet werden, auf denen die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden ungeschützt liegen, dadurch gekennzeichnet, daß äußere Behelfselektroden (13, 14) auf den zwei einander gegenüberliegenden Seitenflächen, auf denen die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden (3, 4) ungeschützt liegen, ausgebildet werden, daß durch Galvanisieren streifenförmige Metallniederschläge (5, 6) aus einem galvanischen Metall verbunden mit jeder der anderen inneren Elektroden auf den Seitenflächen, auf denen die Seitenkanten aller inneren Elektroden mit den äußeren Behelfselektroden ungeschützt liegen als Minuselektrode ausgebildet werden, daß Isolationsschichten (7, 8) auf den Seitenflächen, auf denen die streifenförmigen Metallniederschläge vorhanden sind, ausgeformt werden, daß die streifenförmigen Metallniederschläge (5, 6) freigelegt werden, daß äußere Elektroden (9, 10) für die elektrische Verbindung mit den freigelegten streifenförmigen Metallniederschlägen ausgebildet werden und daß die Isolationsschichten und/oder äußeren Elektroden in einer oxidfreien Atmosphäre ausgeformt werden.

3. Verfahren zur Herstellung eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements durch alternierendes Aufeinanderlamинieren einer Anzahl von dünnen Blättern aus einem elektromechanischen Transducermaterial und einer Anzahl von inneren Elektroden aus einem elektrisch leitenden Material, bei dem ein Laminat mit zwei einander gegenüberliegenden Seitenflächen, auf denen die Seitenkanten aller inneren Elektroden frei liegen und zwei einander gegenüberliegende Elektroden aufbereitet werden, auf denen die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden ungeschützt liegen, dadurch gekennzeichnet, daß äußere Behelfselektroden (13, 14) auf den zwei einander gegenüberliegenden Seitenflächen, auf denen die Seitenkanten der alternierenden inneren Elektroden (3, 4) ungeschützt liegen, ausgebildet werden, daß durch Galvanisieren streifenförmige Metallniederschläge (5, 6) aus einem galvanischen Metall verbunden mit jeder der anderen inneren Elektroden auf den Seitenflächen, auf denen die Seitenkanten aller inneren Elektroden mit den äußeren Behelfselektroden ungeschützt liegen als Minuselektrode ausgebildet werden, daß Isolationsschichten (7, 8) auf den Seitenflächen, auf denen die streifenförmigen Metallniederschläge vorhanden sind, ausgeformt werden, daß die streifenförmigen Metallniederschläge (5, 6) freigelegt werden, daß äußere Elektroden (9, 10) für die elektrische Verbindung mit den freigelegten streifenförmigen Metallniederschlägen ausgebildet werden, daß die Seitenkanten der inneren Elektroden (3, 4) von den Seitenkanten der dünnen Blätter (1, 2) vorspringend ausgestaltet werden und daß Legierungsschichten eines Materials, aus dem die inneren Elektroden gefertigt sind, und ein galvanisches Metall freigelegt werden, indem das galvanische Metall von ungeschützten Teilen der streifenförmigen Metallniederschläge entfernt wird.

4. Verfahren zur Herstellung eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Ausbildung der streifenförmigen Metallniederschläge (5, 6) zumindest teilweise die vorspringenden Teile der anderen inneren Elektroden (3, 4) zwischen den streifenförmigen Metallniederschlägen (5, 6) entfernt werden.

5. Verfahren zur Herstellung eines laminatförmigen Verschiebungstransducerelements nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbildung der Isolationsschichten (7, 8) und/oder der äußeren Elektroden (9, 10) in einer oxidfreien Atmosphäre erfolgt.

45

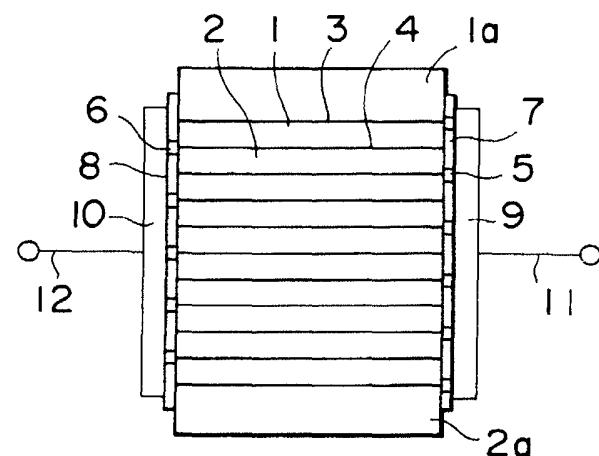
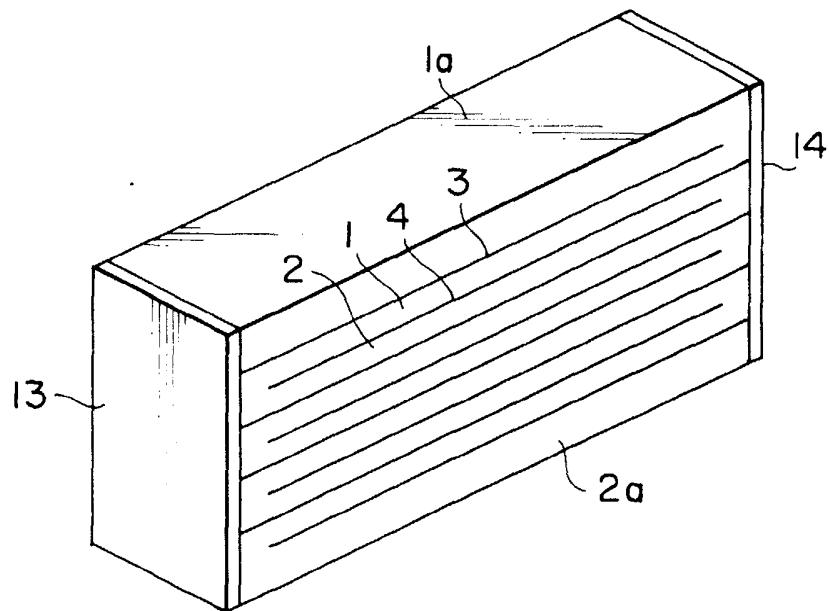
Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

F I G. 1
(STAND DER TECHNIK)F I G. 2
(STAND DER TECHNIK)

208 064/569

FIG. 3

(STAND DER TECHNIK)

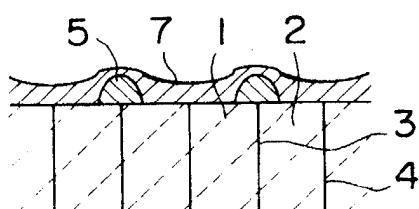


FIG. 4

(STAND DER TECHNIK)

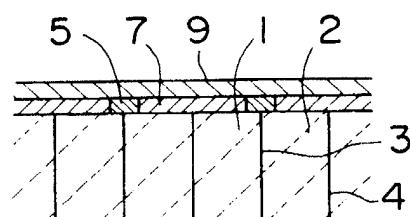


FIG. 5

(STAND DER TECHNIK)

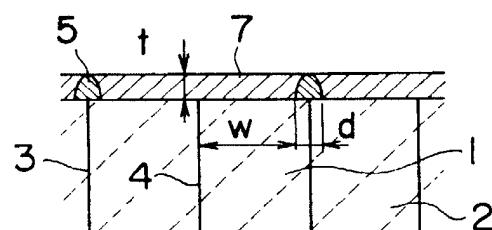
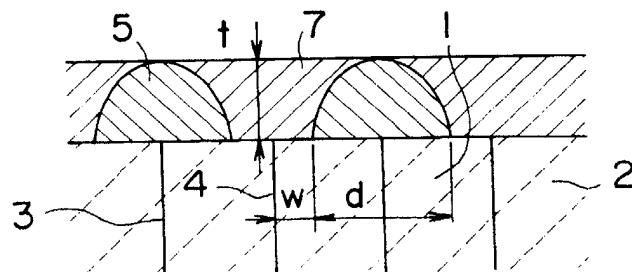


FIG. 6

(STAND DER TECHNIK)



208 064/569

FIG. 7

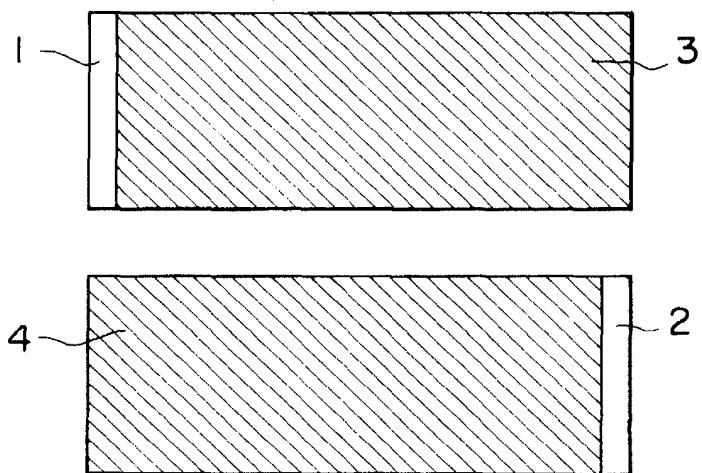
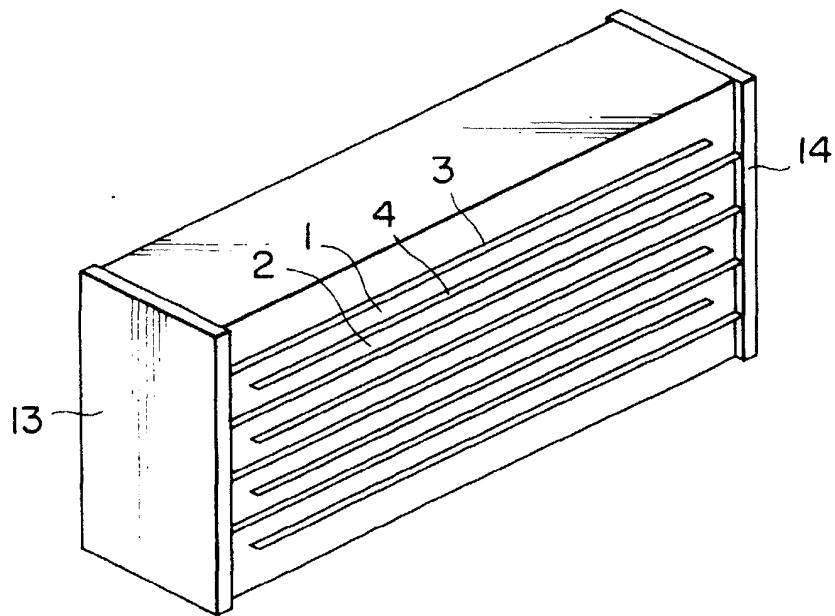
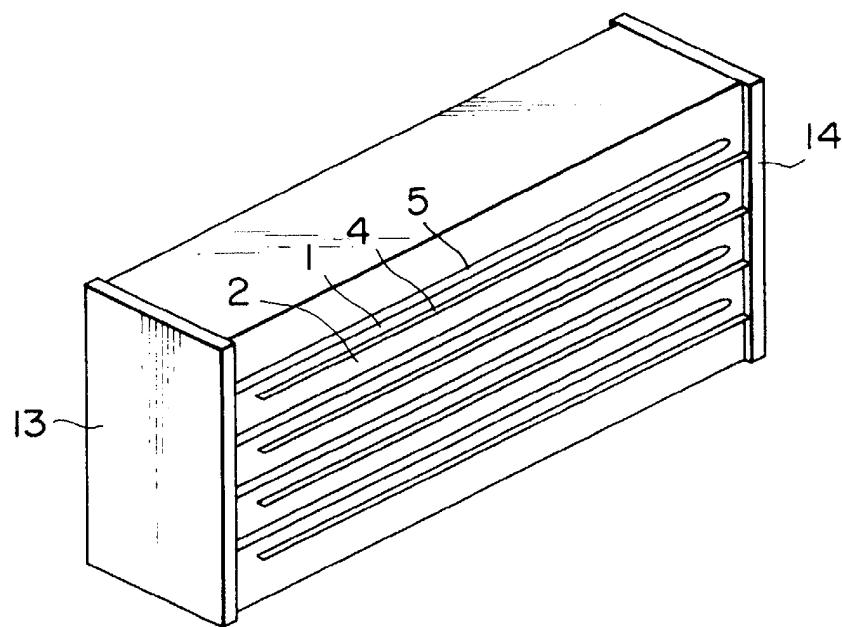


FIG. 8

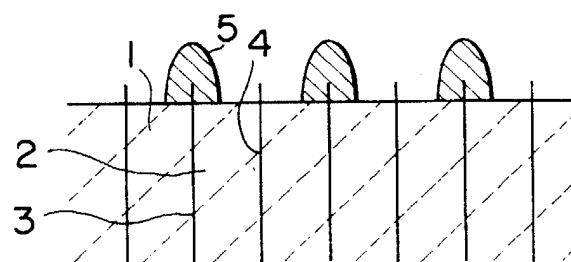


208 064/569

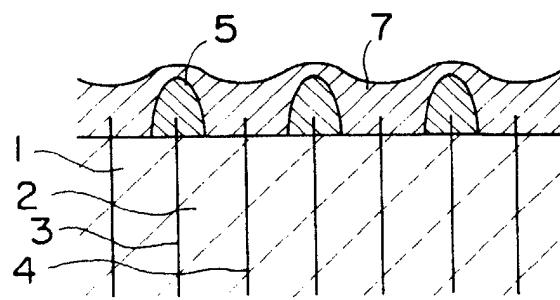
F I G. 9



F I G. 10

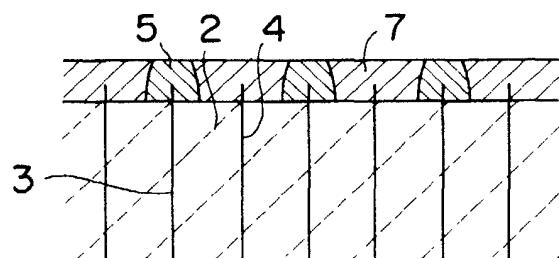


F I G. 11

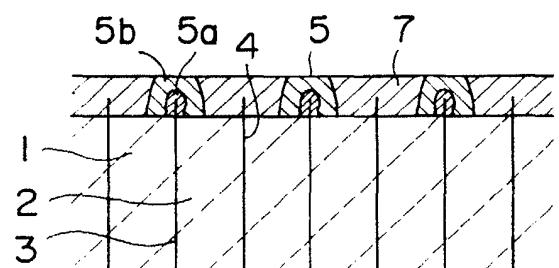


208 064/569

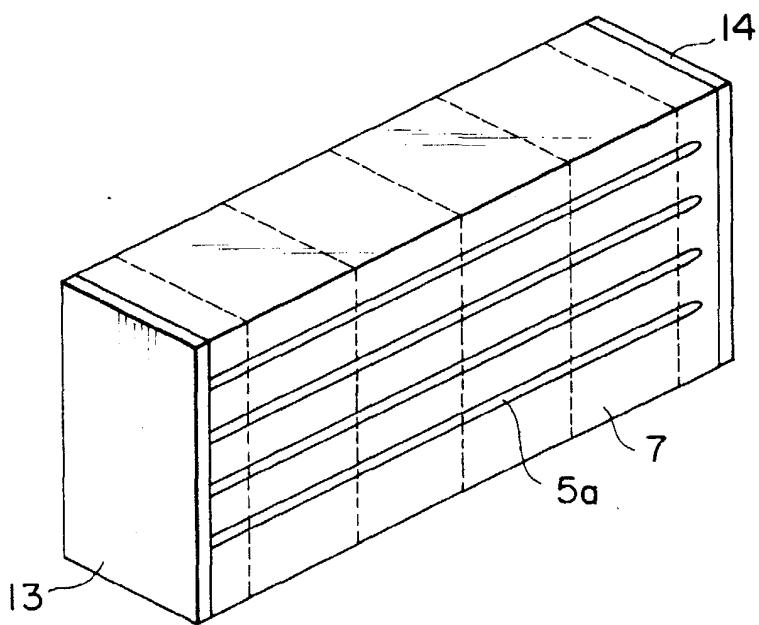
F I G. 12



F I G. 13



F I G. 14



208 064/569

FIG. 15

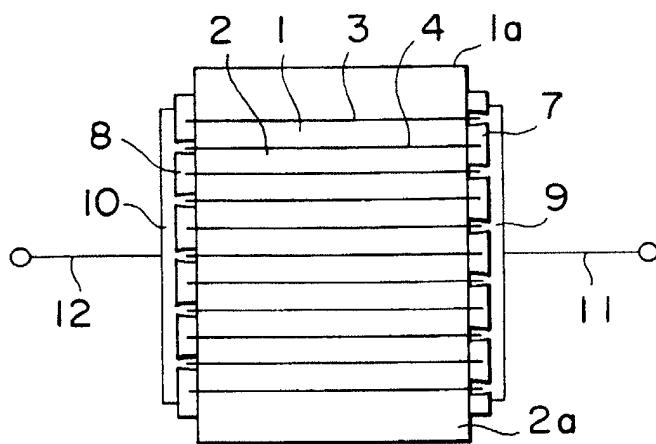


FIG. 16

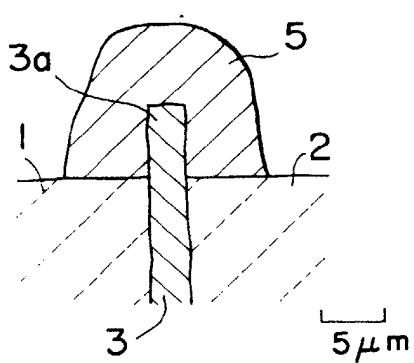
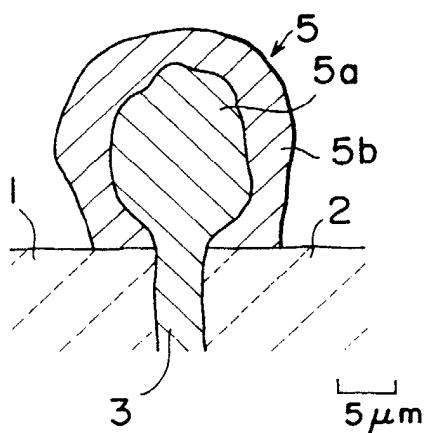
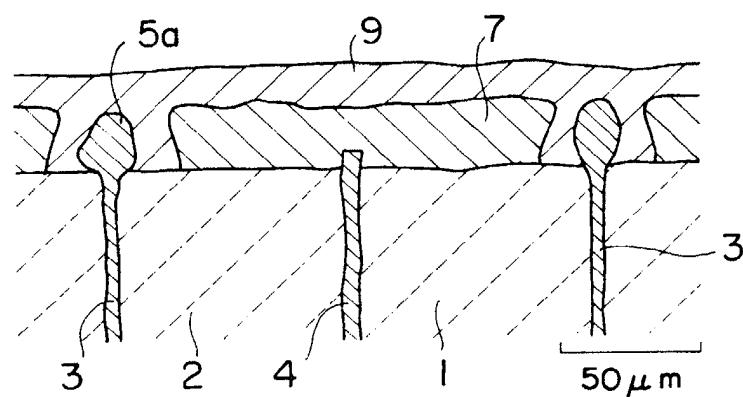


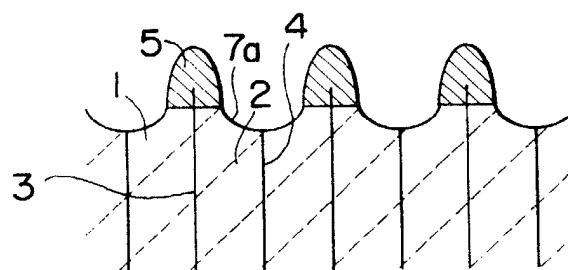
FIG. 17



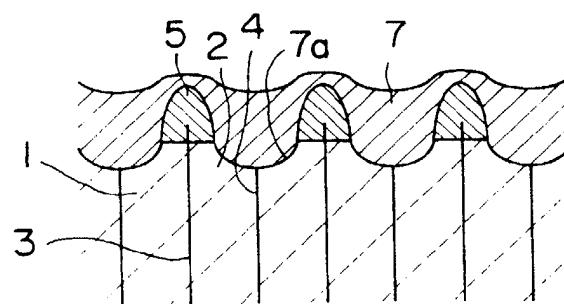
F I G. 18



F I G. 19

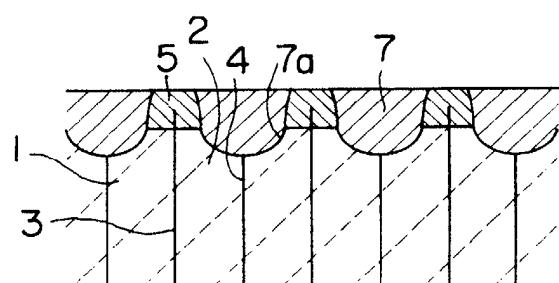


F I G. 20

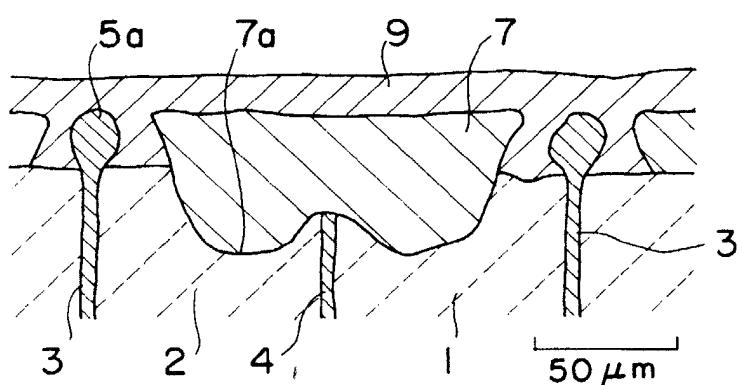


208 064/569

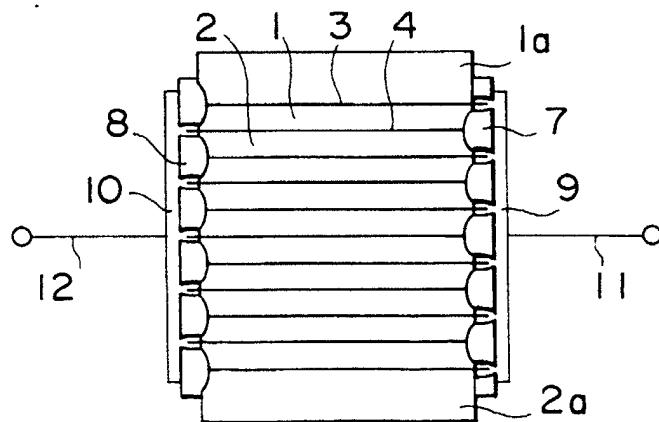
F I G. 21



F I G. 22



F I G. 23



208 064/569